

УДК 621.43.001.42

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСХОДА МАСЛА ЧЕРЕЗ ПОДШИПНИКИ ТУРБОКОМПРЕССОРА

Патов А. Г.<sup>1</sup>, Малькова Е. В.<sup>1</sup>, Бурцев А. Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

<sup>1</sup>к.п.н., доцент, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, филиал КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

**Аннотация:** В статье рассматривается процесс моделирования потока масла в каналах турбокомпрессора в программе SOLIDWORKS. Проведен расчет расходных характеристик масла с учетом изменения температуры подшипника и диссипации тепловой энергии в потоке проходящего масла.

**Ключевые слова:** система турбонаддува, турбокомпрессор, моделирование, движение масла, расход, температура масла, контроль.

**Abstract:** The article discusses the process of modeling oil flow in turbocharger channels in the SOLIDWORKS program. The calculation of oil flow characteristics is carried out taking into account the change in bearing temperature and dissipation of thermal energy in the flow of passing oil.

**Keywords:** turbocharging system, turbocharger, modeling, oil movement, flow, oil temperature, control.

Актуальность вопроса. Разработка современных автотракторных средств невозможна без первичного моделирования узлов и систем [1, 2]. На первой стадии проектирования осуществляется 3-Д моделирование отдельных элементов и их сборка в агрегат [3, 4]. На второй стадии проектирования задаются условиями работы системы, входными и выходными параметрами, граничными условиями [5, 6]. После всех подготовительных работ производится расчет и анализ полученных данных [7, 8, 9]. После чего производятся необходимые уточнения с учетом новизны конструкции и добавления новых элементов [10, 11]. В настоящее время существуют значительные базы данных, накопленные за многочисленные годы моделирования систем автотракторных средств [12, 13, 14]. Так, например, в программе SOLIDWORKS, в свободном доступе существует множество разработок 3-Д версий узлов и систем [15, 16]. Возьмем за основу готовую модель турбокомпрессора с возможностью активного изменения зазоров в подшипниках [17, 18]. Помимо зазоров в подшипниках, можно варьировать скоростными режимами работы турбокомпрессора, параметрами расхода, давления и температурой масла [19, 20]. Любой из перечисленных параметров значительно влияет на конечный расход масла на стоке из подшипников вала турбокомпрессора [21, 22]. Важно обеспечить варьирование возможных параметров в широких пределах изменения рабочих режимов и технического состояния подшипников [23, 24]. Моделирование

позволит глубже понять внутренние процессы протекания масла [25]. С учетом сказанного, целью исследования является моделирование скоростных параметров движения масла в системе смазки в программе SOLIDWORKS.

**Материалы и методы.** Для последующего моделирования рассмотрим рабочую модель турбокомпрессора ТКР-7С-6М автомобиля КамАЗ 740.602/740.662/740.632. Так как в предыдущей статье выбраны необходимые условия, то в данных материалах последовательно выполняются действия для успешного моделирования скоростных параметров движения масла в каналах турбокомпрессора. Перед выполнением расчетных действий был задан расчетный параметр: объемный расход на входе (рисунок 1).

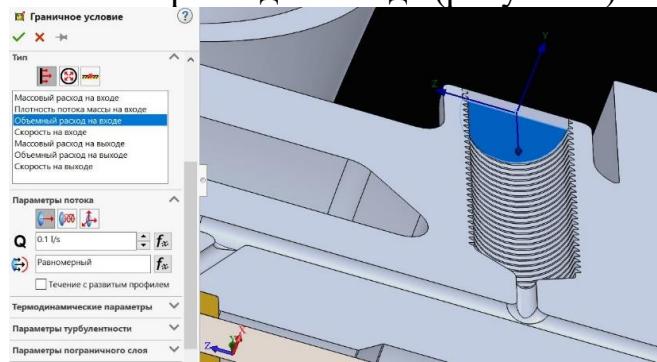


Рисунок 1 – Определение расчетных границ и параметров

Как видно из рисунка 1, из всех возможных параметров выбирается объемный расход на входе и к входной ограничительной пробке прикладывается необходимый вектор расхода масла. Кроме того, задается реальное значение входной величины расхода масла – 0,1 л/с (любое другое промежуточное значение).

После задания границ и параметров расчета, выбираются все сечения, по которым протекает масло. Как видно из рисунка 2, синим цветом выбраны все полости, каналы, рабочие зазоры, стоки, по которым проходит масло от начала его входа и до точки слива (рисунок 2).

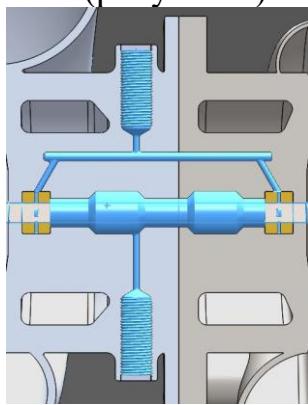


Рисунок 2 – Выбранные каналы по пути прохождения масла

Как видно из рисунка 2 масло попадает в вертикальный канал на входе после чего распределяется в горизонтальный канал, откуда поступает на вход в подшипники турбинного и насосного колес. После чего, масло через торцы подшипников сливается во внутренние полости, затем уходит в вертикальный

выходной канал на сливе. Для последующих расчетов выбираются все объемы, в которых будет просчитываться расход масла, что видно на рисунке 3.

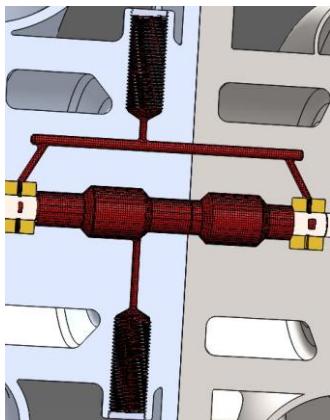


Рисунок 3 – Выделение красным цветом выбранных каналов и полостей для последующего расчета

Как видно из рисунка 3, если все объекты замкнуты внутренними полостями, то они сразу выделяются красным цветом. В случае, когда отсутствуют внутренние связи – объекты внутри не удастся выбрать. Только по отдельности можно выделить все объекты. Таким образом, выбранные все полости внутри – верный признак замкнутости системы выбранных элементов турбокомпрессора.

После задания всех необходимых условий приступили к расчету при пошаговом изменении времени итераций. При выдержке исходного режима истечения масла, образовался баланс теплоотдачи в масло от подшипника (рисунок 4).

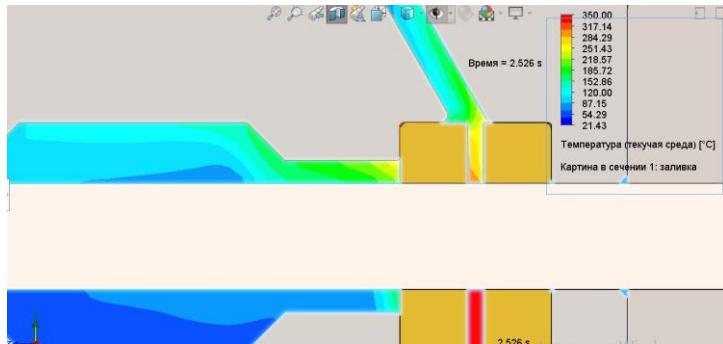


Рисунок 4 – Картограмма распределения температурных полей и расходов масла по каналам подшипника турбинного колеса турбокомпрессора (после 2,526 секунды расчетов)

Как видно из рисунка 4, внизу подшипника обнаруживается явная зона перегрева масла. Требуется обеспечить быстрый отток перегретого масла из нижней части канала. С этой целью создают многочисленные канавки в подшипнике и со стороны торцов уплотнений. В итоге циркуляция масла в каналах увеличивается в несколько раз и перегрева масла не происходит. В последующих расчетах предполагается исследование различных

конфигураций подвода масла и его истечения при имитации снижения пропускной способности каналов и полостей подшипников.

Выводы: Таким образом, заданы исходные параметры для расчета расходных параметров движения масла с учетом изменения его температуры. При расчетах к подшипнику со стороны турбинного колеса подводилась температура 350 °С. В каналах подшипника обнаружены зоны перегрева масла. Необходимо исключить варианты с застоем масла и повысить его пропускную способность.

#### Список литературы

1. Forecasting the Passage Time of the Queue of Highly Automated Vehicles Based on Neural Networks in the Services of Cooperative Intelligent Transport Systems / V. Shepelev, S. Aliukov, S. Zhankaziev [et al.] // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, No. 2. – P. 282. – DOI 10.3390/math10020282. – EDN RGEZLG.
2. The Role of Reverse Logistics in the Transition to a Circular Economy: Case Study of Automotive Spare Parts Logistics / I. Makarova, K. Shubenkova, P. Buyvol [et al.] // FME Transactions. – 2021. – Vol. 49, No. 1. – P. 173-185. – DOI 10.5937/FME2101173M. – EDN PXKYDE.
3. Gritsenko, A. V. Diagnostics of the fuel supply system of auto ICEs by the test method / A. V. Gritsenko, V. D. Shepelev, I. V. Makarova // Journal of King Saud University. Engineering Sciences. – 2021. – DOI 10.1016/j.jksues.2021.03.008. – EDN RXLLVJ.
4. Совершенствование технологии и средств выполнения зерноуборочных процессов в сельском хозяйстве / С. Д. Шепелев, А. М. Плаксин, А. В. Гриценко [и др.]; ЮУрГАУ, Институт агронженерии. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2018. – 256 с. – ISBN 978-5-88156-809-2. – EDN YNNUZF.
5. Взаимосвязь показателей, определяющих уровень технико-технологической оснащенности процессов в растениеводстве / А. М. Плаксин, И. Ганиев, А. В. Гриценко, К. В. Глемба // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12(99). – С. 194-199. – EDN THAMWJ.
6. Снижение токсичности отработавших газов дизельного двигателя путем отключения части его цилиндров / В. Н. Кожанов, А. А. Петелин, А. В. Гриценко, В. Д. Шепелев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 34-44. – DOI 10.14529/engin180204. – EDN XREQWL.
7. Патент № 2474805 С1 Российская Федерация, МПК G01M 15/04. Способ диагностирования выпускного тракта поршневых двигателей внутреннего сгорания: № 2011139288/06: заявл. 26.09.2011: опубл. 10.02.2013 / С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, А. В. Горбунов. – EDN XNXMZX.
8. Плаксин, А. М. Система смазки турбокомпрессора с электронным управлением / А. М. Плаксин, А. Ю. Бурцев, А. В. Гриценко // АПК России. – 2015. – Т. 73. – С. 90-98. – EDN SKCKED.

9. Environmental Control and Test Dynamic Control of the Engine Output Parameters / A. Gritsenko, V. Shepelev, G. Salimonenko [et al.] // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 4. – P. 889-898. – DOI 10.5937/fme2004889G. – EDN YHIYOU.
10. Бурцев, А. Ю. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов / А. Ю. Бурцев, А. М. Плаксин, А. В. Гриценко // Достижения науки - агропромышленному производству: МАТЕРИАЛЫ LIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Челябинск, 29–31 января 2015 года / Под редакцией П.Г. Свечникова. Том II. – Челябинск: ЧГАА, 2015. – С. 27-33. – EDN TVGLST.
11. Способ и стенд для диагностирования турбокомпрессора ТКР-11 / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, И. Ганиев [и др.] // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. – № 4(28). – С. 92-97. – EDN TYWIAL.
12. Гриценко, А. В. Контроль расхода масла современных турбокомпрессоров автомобиля КАМАЗ / А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев, И. Х. Гималтдинов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 137-144. – EDN CTLGOB.
13. Методы снижения токсичности и экологичность современных автомобилей / Н. Н. Русакова, В. Е. Уланов, А. В. Гриценко, И. Х. Гималтдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 285-291. – EDN BRNVAB.
14. Gritsenko, A. V. Development of Measures to Prevent Surging Turbochargers of Cars / A. V. Gritsenko, V. D. Shepelev, A. V. Samartseva // Proceedings of the 4th International conference on industrial engineering ICIE 2018 : Lecture notes in mechanical engineering, Москва, 15–18 мая 2018 года. – Москва: Springer International Publishing, 2019. – P. 861-871. – DOI 10.1007/978-3-319-95630-5\_90. – EDN YTKKVV.
15. Индивидуальный газоанализ и его особенности при тестовом диагностировании / А. В. Гриценко, Г. Н. Салимоненко, И. Х. Гималтдинов [и др.] // АПК России. – 2021. – Т. 28, № 1. – С. 28-38. – EDN BVAPDV.
16. Бурцев, А. Ю. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов / А. Ю. Бурцев, А. М. Плаксин, А. В. Гриценко // АПК России. – 2015. – Т. 72, № 1. – С. 23-25. – EDN TTUAVF.
17. Parameters of internal combustion engine efficiency while introducing additives in the oil / A. Gritsenko, E. Zadorozhnaya, V. Shepelev, I. Gimaltdinov // Tribology in Industry. – 2019. – Vol. 41, No. 4. – P. 592-603. – DOI 10.24874/ti.2019.41.04.11. – EDN VBRZHC.
18. Gritsenko, A. V. A study of the environmental qualities of diesel engines and their efficiency when a portion of their cylinders are deactivated in small-load modes / A. V. Gritsenko, K. V. Glemba, A. A. Petelin // Journal of King Saud University

versity. Engineering Sciences. – 2021. – Vol. 33, No. 1. – P. 70-79. – DOI 10.1016/j.jksues.2019.12.001. – EDN FICNSG.

19. Гриценко, А. В. Исследования выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, А. Ю. Бурцев // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 1(37). – С. 52-55. – EDN TNZBZL.

20. Гриценко, А. В. Метод диагностирования газораспределительного механизма по параметрам расхода воздуха и фаз газораспределения ДВС / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной агротехнической академии. – 2012. – Т. 62. – С. 32-34. – EDN PETYUH.

21. Повышение надежности турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 8(95). – С. 176-180. – EDN SNFCPB.

22. Гриценко, А. В. Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей / А. В. Гриценко // Достижения науки - агропромышленному производству: ЛII Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том 3. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – С. 42-49. – EDN UGUHIX.

23. Гриценко, А. В. Контроль выбега ротора современных турбокомпрессоров автомобиля КАМАЗ / А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев, И. Х. Гималдинов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 128-136. – EDN KGQMKK.

24. The advancement of the methods of vibro-acoustic control of the ICE gas distribution mechanism / A. Gritsenko, V. Shepelev, E. Zadorozhnaya [et al.] // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 1. – P. 127-136. – DOI 10.5937/fmet2001127G. – EDN IXHMGE.

25. Повышение долговечности работы турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства / А. М. Плаксин, О. Н. Ларин, А. В. Гриценко [и др.] // Инновационный транспорт. – 2016. – № 1(19). – С. 53-57. – DOI 10.20291/2311-164X-2016-1-53-57. – EDN VSUPTB.